

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000241782 A

(43) Date of publication of application: 08.09.00

(51) Int. Cl.

G02F 1/11  
H04B 10/02

(21) Application number: 11042082

(22) Date of filing: 19.02.99

(71) Applicant: FUJITSU LTD.

(72) Inventor:  
KAI TAKETAKA  
ONAKA HIROSHI  
SAITO YOSHIHIRO  
KUBODERA KAZUMASA

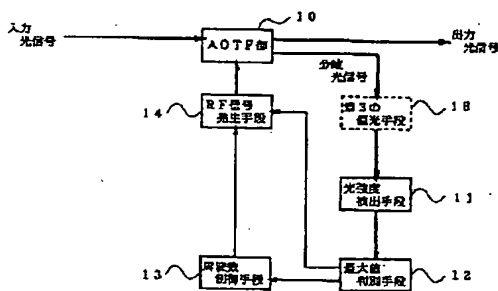
(54) VARIABLE WAVELENGTH SELECTIVE FILTER  
AND BRANCHING/ INSERTING DEVICE

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To select an optical signal of a desired wavelength even in the case of a temp. change and a secular change, etc.

SOLUTION: Relating to this device, the light intensity of the optical signal branched is detected by an acoustooptical tunable filter(AOTF) part 10 to be outputted while changing a frequency of an RF signal generated by an RF signal generation means 14 by a maximum value discrimination means 12. The maximum value discrimination means 12 discriminates a maximum value for the optical signal of the prescribed wavelength from the detection value. A frequency control means 13 applies the frequency of the RF signal imparting the maximum value to the AOTF part 10. Thus, the optical signal of the desired wavelength is branched/inserted precisely.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO





号の周波数との関係を演算する周波数演算手段とを備え、  
所定波長の光信号を導入および分散するために前記周波数演算手段によって演算されたRFF信号の周波数を印加することと特徴とする可変波長選択フィルタ。

【請求項7】 印加するRF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択する可変波長選択フィルタにおいて、

と、  
と該波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ

前記R/F信号発生手段によって発生するR/F信号の周波数を監視するとともに前記スベクトルモニタから出力される波数値と前記R/F信号の周波数とに基づいて前記変換波数選択フィルタによって選択される光信号の波長数とR/F信号の周波数との関係を示す周波数換算手段とを備える。

所定波長の光信号を選択するために前記周波数演算手段によって演算されたRFF信号の周波数を印加することとを特徴とする可変波長選択フィルタ。

【請求項8】 入力をTMモード光とTEモード光とに分岐する第1の偏光手段と、

前記第1の偏光手段によって分岐したTMモード光を導波する第1の光導波路に第1のRF信号を印加する第1のRF信号印加手段と、

前記第1の順光手段によって分岐したT Eモード光を導  
波する第2の光導波路に第2のR F信号を印加する第2  
のR F信号印加手段と、  
前記第1のR F信号を印加された前記第1の光導波路と  
前記第2のR F信号を印加された前記第3の光導波路と

からの光信号を合波するとともに光の偏光状態に対応して第1と第2の出力に分岐する第2の偏光手段とを備える。

前記第1のRFF信号の周波数および前記第2のRFF信号の周波数とに応じた特定波長の光信号を第1の出力とし、他の波長の光は第2の出力として出力する可変波長選択フィルタ。

【請求項9】 請求項1に記載の変波長選択フィルタにおいて、  
前記R F信号印加手段は、前記第1の偏光手段によって分岐したTモード光にR F信号を印加する第1のR F信号印加手段と前記第1の偏光手段によって分岐したTモード光にR F信号を印加する第2のR F信号印加手段とを有し、  
段との2つのR F信号印加手段であり、  
前記R F信号発生手段は、前記第1のR F信号印加手段

と前記第2のRFF信号印加手段とに異なる周波数のRFF信号を供給するRFF信号発生手段であることを特徴とする可変波長選択フィルダ。

波長選択フィルタと、前記可変波長選択フィルタに印加する前記Rf値号を発生するRf値号発生手段と、前記可変波長選択フィルタによって分岐した光信号を受信処理手段と、前記可変波長選択フィルタに入射する受信光信号を生成する光信号生成手段とを備える分岐投入装置において、

前記可変波長選択フィルタは、 $n$ 個の光信号を分岐または挿入することができ、  
前記RFF信号発生手段は、 $(n+1)$ 個であることを特徴とする分岐・挿入装置。

【請求項16】 波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続されるとともに、印加するRF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第1

の可変波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタによって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選択する第2の可変波長選択フィルタを備えることとともに該第2の可変波長選択フィルタによって選択された、前記所定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複製の波長を持つ光から所定波長の光を選択する第3の可変波長選択フィルタを備えるとともに該第3の可変波長選択フィルタによって選択された前記所定波長の光を変調して前記第1の可変波長選択フィルタに挿入する光挿入信号を生成する光信号生成手段とを備える分岐・挿入装置において、

前記第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つは、請求項1、4、6、7、8のいずれか1項に記載の可変波長選択フィルタであることを特徴とする分岐・挿入装置。

【請求項17】 波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続されるとともに、印加するR/F信号の周波数に応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第1の可変波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタによって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選択する第2の可変波長選択フィルタを備えるとともに該第2の可変波長選択フィルタによって選択された光信号を受信処理手段と、前記所定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複数の波長を持つ光から所定波長の光を選択する第3の可変波長選択フィルタを備えるとともに該第3の可変波長選択フィルタによって選択された前記所定波長の光を挿入して前記第1の可変波長選択フィルタに挿入する光信号を生成する光信号生成手段とを備える分岐・挿入装置において

前記第1の可変波長選択フィルタは、請求項1、4、6、7、8のいずれか1項に記載の可変波長選択フィルタであって請求項1、4、6、7、8の可変波長選択フィルタを複数個直列に接続したことを特徴とする分岐フィルタを複数個直列に接続したことを特徴とする分岐・挿入装置。

【請求項18】 請求項1または請求項2に記載の変換フィルタを有する前記R/F信号の周波数と該周波数に対する前記変化する前記R/F信号の周波数と該周波数に対する前記変換フィルタと、

光強度検出手段によって検出された光強度とを記憶する  
記憶手段とからなるスペクトルモニタ。

【請求項19】 請求項18に記載のスペクトルモニタ  
において、

前記送出すべき光信号を出力側に接続されるとともに該光信号を遮断する遮断手段をさらに備えることを特徴とするスペクトルモニタ。

【請求項 20】 波長分割多重方式の光信号を送送する光伝送路に接続されとともに、印加する R F 信号の周

波数に応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第1の可変波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタの中から所定波長の光信号によって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選択する第2の可変波長選択フィルタと、前記第2の可変波長選択フィルタから出力された光信号を増幅する増幅器と、前記増幅器の出力に接続された検出器とを含む。

号を選択する第2の変波長選択フィルタを備えるとともに該第2の変波長選択フィルタによって選択された

被露の底面から所定波長の光を選択する第3の可変波長選択フィルタを備えるとともに該第3の可変波長選択フィルタによって選択された前記所定波長の光を透過して前記第1の可変波長選択フィルタに挿入する光生成長手段とを備える分岐・挿入装置を生成する光信号生成手段とを備える分岐・挿入装置において、

前記第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少な

くとも1つは、請求項18または請求項19に記載のシステム構成であつて、

前記第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも一つは、可変波長選択フィルタとして使用するかまもなくとも一つは、可変波長選択フィルタとして使用する選択リレーまたはスペクトルモニタとして使用するかを制御する選択手段とをさらに備え、

前記第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも一つは、可変波長選択フィルタとスペクトルモニタとしての機能を重ね備えることを特徴とする分岐・挿入装置。

exer) (以下、「OADM」と略記する。)装置が研究開発されている。このOADM装置は、固定波長の光信号のみを分岐・挿入することができる波長固定型のOADM装置と任意波長の光信号を分岐・挿入することができる任意波長のOADM装置がある。一方、音響光学チューナブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter) (以下、「AOTF」と略記する。)は、選択した波長の光のみ抽出するように動作するため、AOTFを通過する光信号に対する波長特性はフラットである。そして、選択する波長が固定であるファイバグレーティングと異なり、任意に波長を選択することができる。さらに、可変波長選択フィルタでもあるので、端局間において光信号を分岐・挿入する局であるトリビュタリ局における波長選択フィルタとしても使用することができる。このような理由により、AOTFを使用したOADM装置が研究開発されている。

[0002]

【従来の技術】図20は、従来のAOTFの構成を示す図である。図20において、AOTFは、圧電作用を示すニオバ酸リチウムの基板に2本の光導波路201、202を形成する。これら光導波路201、202は、互いに2箇所で交叉しており、これら2つの交叉する部分に偏光ビームスプリッタ (Polarization Beam Splitter) (以下、「PBS」と略記する。)  
203、204が設けられている。

[0003] また、2つの交叉する部分の間において、2本の光導波路201、202上には、金属膜のSAWガイド206が形成されている。このSAWガイド206には、膜を交互にかみ合わせた電極 (Inter Digital Transducer) (以下、「IDT」と略記する。)  
205にRF信号を印加することによって発生する弾性表面波 (Surface Acoustic Wave) が伝搬する。

[0004] このAOTFに入力する入力光は、TEモードとTMモードとが混在した光であるが、PBS203によってTEモードとTMモードに分かれて光導波路201、202を伝搬する。ここで、特定の周波数のRF信号を印加することにより弾性表面波がSAWガイド206に沿って伝搬すると、SAWガイド206と交叉している部分において2つの光導波路201、202の屈折率は、周期的に変化する。このため、入力光のうち、この屈折率の周期的な変化と相互作用をする波長の光のみTEモードとTMモードとが入れ替わる。そして、この入れ替わった光は、PBS204によって進行方向が変わり、相互作用をした波長の光のみが、分岐光として選択され、相互作用をしなかった波長の光は、透過して出力光となる。

[0005] 一方、挿入される挿入光も同様に、PBS203によってTEモードとTMモードとに分かれて光導波路201、202を進行し、弾性表面波と相互作用を起こし、特定の波長のみが各モードに入れ替わり、透

岐した光は、光アンプ213によって増幅された後にAOTF部214に入力する。AOTF部214は、8つの波長の光が多重する光の中から挿入光信号に使用した波長の光を選択して出力する。AOTF部214によって選択された光は、光変調器215によって変調され、光信号となり、8×1光カプラ216に入力される。この8×1光カプラ216は、各波長の光信号を合波して挿入光信号を生成する。生成した挿入光信号は、AOTF部210に挿入ポートに入力される。

[0010] 挿入光信号は、上述のようにAOTF部210が所望の波長の光信号を分岐するだけでなく、分岐した波長と同一の波長の光信号を挿入するので、AOTF部210によって挿入され、分岐しないで通過するWDM光信号とともにAOTF部210の出力ポートからWDM光信号として出力される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

[0011] 図22は、図20に示すようなAOTF部を用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。図22に示すOADM装置は、8つの波長の光信号を分岐して受信処理することができ、8つの波長の光信号を生成して挿入することができる場合を示している。ここで、光信号を受信処理する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して示していない。また、光信号を生成する各構成も、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して示していない。また、光信号を生成する各構成は、各々同一であるので1つの構成を示し、残りの構成は、省略して示していない。

[0012] 図22において、WDM光信号は、光カプラ230に入力され、この光カプラ230によってWDM光信号は、2つに分岐する。分岐したWDM信号の一方は、AOTF部231に入力し、他方は、光アンプ217に入力する。この他方のWDM光信号は、光アンプ217によって増幅され、1×8光カプラ218に入力する。そして、この1×8光カプラ218によって8つに分岐されて分岐し、AOTF部219に入力する。このAOTF部219によって、光受信機220が受信処理する波長の光信号のみが選択され、光受信機220により受信処理される。

[0013] 一方、AOTF部231に入力したWDM光信号は、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であったWDM光信号の偏数 (奇数) のチャネルの光信号を選択し、何処にも接続していない選択ポートに出力する。したがって、AOTF部231によって選択された波長の光信号は、捨てられる。AOTF部231を通過したWDM光信号は、AOTF部232に入力する。このAOTF部232においても、受信処理する部分のAOTF部219と同一の光信号であったWDM光信号の奇数 (偏数) のチャネルの光信号を選択し、50

何処にも接続していない選択ポートに出力する。そして、AOTF部232を通過したWDM光信号は、光カプラ233に入力する。

[0014] ここで、AOTF部231、232を2段に縦続に接続したのは、AOTFの波長選択特性の幅が広く、「1 T U-T G, 692 偏数」で規定される0.8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFで分岐しようとする、クロストークが発生してしまうためである。このため、1段目のAOTF部231においてWDM光信号の偏数 (奇数) 番目の光信号を選択させ、2段目のAOTF部232においてWDM光信号の奇数 (偶数) 番目の光信号を選択させて、受信することができ、受信したクロストークを減少させることができる。

[0015] また、挿入される挿入光信号は、図21と同様に生成されるので、その説明を省略する。生成された挿入光信号は、光カプラ233に入力され、AOTF部231およびAOTF部232を通過したWDM光信号と合波され、WDM光信号として光伝送路に送出される。このように、AOTFは、OADM装置のWDM信号を通過・分岐・挿入する部分、挿入光信号を生成する部分および分岐光信号を受信処理する部分に使用される。

[0016]

【発明が解決しようとする課題】ところで、AOTFは、上述のようにRF信号の周波数に応じた波長の光のみを選択して分岐させることができるが、選択波長に対する温度依存性が高い。具体的には、同一周波数のRF信号を印加した場合に1℃温度が上昇すると選択波長が0.8nm (100GHz) 変化する。

[0017] このため、AOTFを使用したOADM装置において、0.8nm間隔で波長が配置されているWDM光信号では、選択しようとしている波長の光信号に対し隣の波長の光信号を選択してしまい問題である。また、OADM装置に使用されるAOTFをすべて同一温度に管理することは難しいことから、同一波長を選択するためにすべてのAOTFに同一周波数のRF信号を印加して同一波長の光信号を選択できないという問題がある。

[0018] さらに、このRF信号によって選択される波長は、AOTFの製造にともなう素子のバラツキや経年変化などにも敏感であるという問題もある。また、上述のようにAOTFにおける波長選択は、光をTEモードとTMモードとに分離し弾性表面波と相互作用させることによって制御していることから偏波が変化すると選択される波長が変化するという問題がある。

[0019] さらに、AOTFは、印加するRF信号の入力強度によって選択される光の強度が変化するという問題もある。このことは、図22のようなOADM装置においてAOTFによって選択ポートに出力される光の

強度が変化するようになる。仮に、R F信号の入力強度が適当ではない場合には選択ポートに充分に光信号が選択されないから、選択ポートに出力することによって光信号を遮断する場合には、AOTFで遮断すべき光信号を充分に遮断(リジェクト)できないという問題となる。

【0020】そこで、請求項1ないし請求項13に記載の発明では、AOTFで使用することによって好適な、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を選択することができる可変波長選択フィルタを提供することを目的とする。請求項14に記載の発明では、AOTFで使用することに好適な、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を充分に遮断することができる可変波長選択フィルタを提供することを目的とする。

【0021】請求項15ないし請求項17に記載の発明では、温度変化や経年変化などが生じて所定波長の光信号を分岐・挿入することができるOADM装置を提供することを目的とする。請求項18、19に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってOADM装置などに利用されるスベクトルモニタを提供することを目的とする。【0022】請求項20に記載の発明では、請求項1または請求項2に記載の可変波長選択フィルタを利用することによってスベクトルモニタの機能と兼ね備えたOADM装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】(請求項1、2、3、

9、10)図1は、請求項1、2、3、9、10に記載の発明の原理構成を示す図である。

【0024】図1において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、光強度検出手段11、最大値判別手段12、周波数制御手段13およびR F信号発生手段14から構成されている。ここで、AOTF部10と光強度検出手段11との間にある破線で示した第3の偏光手段18は、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの構成要件であり、請求項1、2、3、9に記載の可変波長選択フィルタの構成要件ではない。

【0025】まず、請求項1に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。入力光信号は、印加するR F信号の周波数に応じて特定波長の光信号を分岐および挿入することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1、2、3に記載の可変波長選択フィルタにおいて、具体的には、受光した光信号と挿入すべき光信号とを合波するとともに合波した光信号をTモード光とT Eモード光とに分岐する第1の偏光手段と、分岐したTモード光を導波する第1の光導波路とT Eモード光を導波する第2の光導波路とにR F信号を印加するR F信号印加手段と、このR F信号を印加された第1の光導波路と第2の光導波路とからの光信号を合波するとともにR F信号に対応した波長の光

波長をその第1の周波数間隔より狭い第2の周波数間隔で変えながら光強度検出手段11によって所定波長の光信号を検出して、所定波長の光信号に対する光強度の第2の最大値を判別する。そして、この第2の最大値を与えるR F信号の周波数を周波数制御手段13に出力する。

【0031】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように初めにR F信号の周波数を広い間隔で変化させて所定波長に対する最大値を大雑把に探す。その後、その最大値を与えるR F信号の周波数に対して、前後の周波数範囲で、R F信号の周波数を狭い間隔で変化させて所定波長に対する最大値を正確に探す。このために、請求項2に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより速くしかもより正確に最大値を判別することができるから、より速くしかもより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0032】次に、請求項3に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項3に記載の可変波長選択フィルタは、請求項1に記載の可変波長選択フィルタにおいて、特定波長の光信号の周波数を変更する度、周波数制御手段13は、この特定波長の光信号における光強度が最大値となるようにR F信号の周波数を制御する。

【0033】このように特定波長の光信号を選択する度に、特定波長の光信号を選択するR F信号の周波数を探索すから、温度変化などによって特定波長を選択するR F信号の周波数がずれたとしても、正確に特定波長の光信号を選択することができる。次に、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項9に記載の可変波長選択フィルタにおいて、AOTF部10は、R F信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F信号を印加する第1のR F信号印加手段と第2のR F信号印加手段とで構成する。これに対応してR F信号発生手段14は、それら第1のR F信号印加手段と第2のR F信号印加手段とに異なる周波数のR F信号を供給するように構成する。

【0034】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。一般に、AOTFは、[従来の技術]の項において説明したように、T EモードとTモードとに分かれて光導波路を進行し、弾性表面波と相互作用を起こし、特定波長の各モードが入れ替わることによって、特定波長の光を選択する。このとき、T EモードをTモードに入れ替える最適なR F信号の周波数とTモードをT Eモードに入れ替える最適なR F信号の周波数とは、互いに異なる。

【0035】このため、請求項9に記載の可変波長選択

フィルタの構成とすることにより、各モードに対し最大値判別手段12において個別にR F信号の周波数を変化させることができ、その結果に基づいて各モードに対し異なる周波数のR F信号を印加することができるから、請求項1に記載の可変波長選択フィルタに較べより正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0036】次に、請求項10に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、AOTF部10は、R F信号印加手段を第1の光導波路に第1のR F信号を印加する第1のR F信号印加手段と第2の光導波路に第2のR F信号を印加する第2のR F信号印加手段とで構成する。これに対応してR F信号発生手段14は、それら第1のR F信号印加手段と第2のR F信号印加手段とに異なる周波数のR F信号を供給するように構成する。

【0037】また、上述したようにAOTF部10と光強度検出手段11との間に第3の偏光手段18を設ける。この第3の偏光手段18は、AOTF部から選択し出力される光信号をTモードとT Eモードとに分岐して光強度検出手段11に出力する。これに対応して光強度検出手段11は、第3の偏光手段18から出力されるTモードの光強度を検出する第1の光強度検出手段と第3の偏光手段18から出力されるT Eモードの光強度を検出する第2の光強度検出手段との2つの光強度検出手段で構成する。

【0038】なお、他の構成は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同一であるので、その説明を省略する。このように構成することにより、Tモード、T Eモードの各モードに対し個別に光強度検出手段11を備えているので、T Eモードに対し最適なR F信号の周波数とTモードに対し最適なR F信号の周波数とを独立に探索することができる。そのため、請求項10に記載の可変波長選択フィルタは、正確に特定波長の光信号を選択することができる。

【0039】一方、偏光がゆっくり回転している場合には、請求項10に記載の可変波長選択フィルタが有効であるが、最適なR F信号の周波数を探索するための時間よりも高速に偏光が回転している場合には、上述のようにT EモードとTモードとを分離して各光強度を検出して最適なR F信号の周波数を探していたのでは、偏光の回転に追いつけない。この場合には、請求項9に記載の可変波長選択フィルタの方が有利である。

【0040】ここで、請求項1、2、3、9、10に記載の可変波長選択フィルタにおいて、挿入すべき挿入光信号がある場合には、挿入光信号もAOTF部10に入力され、AOTF部10においてR F信号による弾性表面波と相互作用をして出力光信号として光伝送路に出力される。

(請求項4ないし請求項6) 初めに、請求項4ないし請

求項6に記載の可変波長選択フィルタに共通な事項につ

いて説明する。

【0041】図2は、温度変化に対するRFF信号の周波数と選択波長を示す図である。図2の縦軸は、 $\mu\text{m}$ 単位で表示したAOTFによって選択される選択波長であり、横軸は、MHz単位で表示したAOTFに印加されるRFF信号の周波数である。図2において、直線Xは、温度aにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示すグラフである。

【0042】このように、AOTFは、RFF信号の周波数が同一の場合において、その温度が変化すると選択波長も、変化する。上述したように、1℃の温度変化に、図2に示すように直線Xと直線Yの傾きは、温度変化に対して一定である。すなわち、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化は、温度変化に対して一定である。

【0043】この事実、請求項4ないし請求項6に限らず、すべてのAOTFに共通の事実である。請求項4ないし請求項6に記載の可変波長選択フィルタは、特定波長を選択する際に、この物理現象を利用して温度変化を補償するものである。すなわち、RFF信号の周波数と選択波長との関係は、直線であってしかも温度変化に対してその傾きが一定であるので、特定波長を選択する際の温度においてRFF信号の周波数と選択波長との関係がいずれか一点だけ判別が引けるから、その温度における任意の波長を選択するRFF信号の周波数が判る。よって、特定波長を選択するRFF信号の周波数も判るようになる。

【0044】次に、請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタについて説明する。図3は、請求項4、5に記載の発明の原理構成を示す図である。図4は、基準信号とWDM光信号との関係を示す図である。図4(a)は、基準信号が1つである場合を示す図であり、図4(b)は、基準信号が2つである場合を示す図である。

【0045】図3および図4において、本可変波長選択フィルタは、基準信号投入手段20、AOTF部10、基準信号検出手段21、周波数演算手段23およびRFF信号発生手段24から構成される。まず、請求項1に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。入力光信号は、この入力光信号の波長を除いた波長であってその波長数が既知である基準信号を入力光信号に挿入する基準信号投入手段20に入力される。

【0046】ここで、基準信号は、図4(a)に示すように、3.2波のWDM光信号の信号波長帯から離れた位置で示すように、3.2波の外側の波長と選択波長を構成する。図2の縦軸は、 $\mu\text{m}$ 単位で表示したAOTFによって選択される選択波長であり、横軸は、MHz単位で表示したAOTFに印加されるRFF信号の周波数である。図2において、直線Xは、温度aにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示すグラフである。

【0047】この基準信号とともに入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光波帯路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段24によって発生し、RFF信号発生手段3.4は、波長判別手段3.2および周波数演算手段3.3によってその周波数が制御される。

【0048】また、AOTF部10によって分岐した光信号は、基準信号を検出する基準信号検出手段21に入力される。一方、AOTF部によって分岐しなかった光信号は、AOTF部10から光伝送路に出力光信号として送出される。この基準信号検出手段21の出力は、周波数演算手段23に基き、周波数演算手段23は、RFF信号発生手段24によって発生するRFF信号の周波数を変えながら基準信号検出手段21が基準信号を検出した場合におけるRFF信号の周波数と基準信号の波長数とに基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。

【0049】このような構成の請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいては、周波数演算手段23によってRFF信号の周波数を基準信号検出手段21が基準信号を検出した場合まで変化させる。そして、周波数演算手段23は、基準信号検出手段21から出力を受けたときのRFF信号の周波数と基準信号の波長とからRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0050】この演算方法は、基準信号が図4(a)のように1つである場合には、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数と基準信号の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。そして、この基準信号の波長とc h 1の波長との差および各c h間の波長差も判るので、各c h波長とc h 1の波長との差および各c h間の波長差も判るので、3.2の波長とc h 1の波長との差および各c h間の波長差も判るので、各c hを選択するRFF信号の周波数も演算することができる。

【0052】こうしてある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化など

により特定波長を分岐、挿入するRFF信号の周波数が判れたとしてもその特定波長の光信号を選択することができ、次に、請求項5に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。請求項5に記載の可変波長選択フィルタは、請求項4に記載の可変波長選択フィルタにおいて、基準信号の波長数は、光信号を伝送する波長帯域の端の波長数に配置される。

【0053】光通信ネットワークにおいては、光信号を伝送する波長帯域に応じて、S+バンド(1490nm~1530nm)、M+バンド(1530nm~1570nm)、L+バンド(1570nm~1610nm)およびL+バンド(1610nm~1650nm)がある。これら各バンドに応じて光信号を増幅する光増幅器が使用されるが、この光増幅器の利得特性は、バンド全体に亘って平坦な利得特性ではなく、各バンドの境界付近において利得が急激に減少する。そのため、各バンドの境界付近の波長には光信号を配置しないので、ここに基準信号を配置する光信号は、増幅されないで、この可変波長選択フィルタに基き、単位RFF信号の周波数と選択波長との関係が判る。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。

【0054】次に、請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理について説明する。図5は、請求項6に記載の発明の原理構成を示す図である。図6は、ASEの値とWDM光信号との関係を示す図である。図5および図6において、本可変波長選択フィルタは、光増幅器30、AOTF部10、スペクトルモニタ31、波長判別手段32、周波数演算手段33およびRFF信号発生手段34から構成される。

【0055】入力光信号は、この入力光信号を含む波長帯域を増幅する光増幅器30に入力される。一般に、光増幅器の増幅係数中で自然放光が現生し、この自然放光は、増幅すべき光信号と同じように増幅され白色雑音となる。これをASE (Amplified Spontaneous Emission) という。入力光信号は、図6に示すようにこのASEを含む光信号となる。

【0056】このASEを含んだ入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光波帯路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段34によって発生し、RFF信号発生手段3.4は、波長判別手段3.2および周波数演算手段3.3によってその周波数が制御される。

【0057】AOTF部10によって選択しなかった光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ31に入力される。なお、AOTF部10によって選択した光信号がスペクトルモニタ31に入力される場合については、後述する。波長判別手段3.2は、伝送する光信号の波長を分岐させない周波数であって光増幅器で発生したASEのうちのいずれかの波長を分岐させる既知の周波数のRFF信号を発生させ、スペクトルモニタ31からの出力によってASEの波長を検出する。既知の周波数のRFF信号をAOTF部10に印加するとそれに対応する波長のASEが選択されるので、図6に示すように、選択された部分のASEの光強度が減少して値みを作る。この値みを波長判別手段32によって検出することによって1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。

【0058】波長判別手段3.2によって判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段3.3に出力され、周波数演算手段3.3は、この1組の値に基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。

【0059】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0057】AOTF部10によって選択しなかった光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ31に入力される。なお、AOTF部10によって選択した光信号がスペクトルモニタ31に入力される場合については、後述する。波長判別手段3.2は、伝送する光信号の波長を分岐させない周波数であって光増幅器で発生したASEのうちのいずれかの波長を分岐させる既知の周波数のRFF信号を発生させ、スペクトルモニタ31からの出力によってASEの波長を検出する。既知の周波数のRFF信号をAOTF部10に印加するとそれに対応する波長のASEが選択されるので、図6に示すように、選択された部分のASEの光強度が減少して値みを作る。この値みを波長判別手段32によって検出することによって1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。

【0058】波長判別手段3.2によって判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長との関係は、周波数演算手段3.3に出力され、周波数演算手段3.3は、この1組の値に基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する光信号の波長数とRFF信号の周波数との関係を演算する。

【0059】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0060】図7において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、スペクトルモニタ41、周波数演算手段4.3およびRFF信号発生手段4.4から構成される。入力光信号は、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波長の光信号を選択することができるAOTF部10に入力される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光波帯路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段4.4によって発生し、RFF信号発生手段4.4は、周波数演算手段4.3によってその周波数が制御される。このAOTF部10は、請求項1に記載の可変波長選択フィルタと同様であるのでその説明を省略する。このAOTF部10の第1および第2の光波帯路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段4.4によって発生し、RFF信号発生手段4.4は、波長判別手段4.3によってその周波数が制御される。

【0061】AOTF部10によって選択しなかった光信号は、光信号の波長とこの波長における光強度とを監視するスペクトルモニタ41に入力される。周波数演算手段4.3は、RFF信号発生手段4.4からAOTF部10に印加しているRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。

【0062】このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。



波長における光強度と受値する。

【0062】WDM光信号の各chの波長が判っている状態で、スベクトルモニタ41の出力からどのchがAOTF部10によって選択されたか判別することができ、こうして周波数演算手段43は、判別された1組のRFF信号の周波数と選択波長とに基づいて可変波長選択フィルタによって選択される光信号の波長とRFF信号の周波数との関係を演算することができる。

【0063】この演算方法は、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を記憶しておき、その傾きの値および1組の判別されたRFF信号の周波数と選択波長の波長との値から、RFF信号の周波数と選択波長との関係を演算する。このように構成することにより、ある温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係が判別されるので、温度変化などにより特定波長を選択するRFF信号の周波数がずれたとしてもその特定波長の光信号を選択することができる。

【0064】(請求項8)請求項8に記載の可変波長選択フィルタは、受光した光信号と挿入する光信号とを合波するとともに合波した光信号をTモード光とTEモード光とに分岐する第1の偏光手段と、この第1の偏光手段によって分岐したTMモード光を導波する第1の光導波路に第1のRFF信号を印加する第1のRFF信号印加手段と、第1の偏光手段によって分岐したTEモード光を導波する第2の光導波路に第2のRFF信号を印加する第2のRFF信号印加手段と、第1のRFF信号を印加された第1の光導波路と第2のRFF信号を印加された第2の光導波路とから光信号を合波するとともに送出すべき光信号と分岐すべき光信号とに分岐する第2の偏光手段とを備えて構成され、第1のRFF信号の周波数および第2のRFF信号の周波数とに応じて特定波長の光信号を選択する。

【0065】上述したように、TEモードをTMモードに入れ替える最適なRFF信号の周波数とTMモードをTEモードに入れ替える最適なRFF信号の周波数とは、互いに異なるが、このような構成とすることにより、TEモード、TMモードの各モードに対して異なる周波数のRFF信号を印加して細かい調整をすることができ、正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができる。

【0066】(請求項11および請求項12)請求項11および請求項12は、RFF信号の安定化に関する技術で以下その動作は、トラッキングと称する。後に述べるスキヤニングと区別するため、スキヤニングとトラッキングについて定義する。スキヤニングとは、光強度の最大値を与えるRFF信号の周波数を選択するため、RFF信号の周波数を第1の周波数間隔で変えながら光強度検出手段によって所定波長の光信号を検出し、その光強度が最大となる第1の最大値を判別する動作を行う。

【0067】トラッキングとは、前後の周波数範囲(±αkHz)においてRFF信号の周波数をその第1の周波数間隔よりも狭い第2の周波数間隔で変えながら光強度検出手段によって所定波長の光信号を検出し、その光強度が最大となる第2の最大値を判別し、その最大値を与えるRFF信号の周波数を周波数制御手段に出力する動作を定期的にを行い、温度変化や経年変化など周囲の環境が変化し、可変波長選択フィルタ(AOTF)の特性変化により第2の最大値を与えるRFF信号の周波数が10変化しても、追従することのできる動作を行う。

【0068】図8は、請求項11、12に記載の発明の原理構成を示す図である。なお、図8は、請求項1を基に、請求項11に記載の発明の原理構成を示す図であり、この場合について以下に説明し、請求項4、6、7、8を基本とした請求項11に記載の発明について、その説明を省略する。図8において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、光強度検出手段51、最大値判別手段12、周波数制御手段13、重量手段50、トラッキング手段52およびRFF信号発生手段54から構成されている。なお、請求項1と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0069】入力光信号は、AOTF部10に入力され、このAOTF部10によって選択した光信号は、その光強度を検出する光強度検出手段51に入力し、光強度検出手段51の出力は、最大値判別手段12およびトラッキング手段52に入力する。一方、AOTF部10によって選択しなかった光信号は、AOTF部10から光伝送路に出力光信号として送出される。

【0070】このAOTF部10の第1および第2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段54によって発生し、トラッキングを行う場合には、RFF信号に10kHzから1MHzの周波数の変調信号が重畳手段50によって重畳される。また、RFF信号発生手段54は、最大値判別手段12、周波数演算手段13およびトラッキング手段52によってその周波数が制御される。

【0071】最大値判別手段12の出力は、周波数制御手段13に入力され、請求項1の原理説明で説明したように、特定波長を選択するようにRFF信号の周波数を制御する。そして、トラッキング手段52は、光強度検出手段51によってAOTF部10から分岐した出力される光信号からRFF信号に重畳された変調信号を検出して所定波長の光信号の光強度が最大値に維持されるようにRFF信号発生手段54を制御する。

【0072】このように構成することにより、請求項11に記載の可変波長選択フィルタは、一度、特定波長の光信号を選択するRFF信号の周波数が判別された後は、トラッキングによって最適なRFF信号の周波数が制御され、維持される。さらに、トラッキングのための変調信号は、10kHzから1MHzの周波数のいずれかの周

波数とする。LN変調器の可変レイアスコントロール(ABC)回路における光信号には既に1kHzの変調信号がかけられているが、トラッキングのための変調信号は、10kHz以上とするので、このABC回路の変調信号と混同することがない。一方、トラッキングのための変調信号は、1MHz以下とするので、例えば、RFF信号発生手段54内におけるPLL回路の周波数デュータを正弦波となるようにCPUによって制御してその変調信号を発生させても、高速な変調、同期検波ではないから、CPUの負担となることがない。

【0073】次に、請求項12に記載の可変選択波長フィルタの原理について説明する。請求項12に記載の可変波長選択フィルタは、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続され、可変選択フィルタは、請求項11に記載の可変波長選択フィルタであって、トラッキング手段によって制御されるRFF信号発生手段が発生するRFF信号の周波数は、波長分割多重方式の光信号間隔に対応するRFF信号の周波数の範囲内で変化するようにする。

【0074】トラッキングをかけられる場合にトラッキングのための変調信号の周波数を大きく振ると隣接するchに影響を与えてしまう。しかし、このようにすることにより、大きく外れた周波数が印加されることがないから、他のchに影響を与えることがない。例えば、0.8nm間隔のWDM光信号の場合では、隣接するch間に対するRFF信号の周波数の差は、90kHzであるから、±45kHz以下の周波数でトラッキングを行う。

【0075】(請求項13)請求項13に記載の可変波長選択フィルタは、同一基板上に導波路形成され、この複数の可変波長選択フィルタの温度を同一に制御する温度制御手段をさらに備えて構成され、可変選択フィルタが、請求項1、4、6、7、8のいずれか1項に記載の可変波長選択フィルタである。

【0076】OADM装置に使用されるAOTFは、従来個別に温度制御を行っているが、すべてのAOTFを0.1℃単位で同一温度に制御することは困難なものとす。また、OADM装置の動作を保証するために広い温度範囲、例えば、0℃ないし60℃に亘ってAOTFの温度を正確に制御することは困難を伴う。しかし、AOTFを同一の基板上に形成することにより、隣り合うAOTFをほぼ同一の温度に制御することができ、しかもAOTFの特性はほぼ同一にすることができ、そのため、請求項1ないし請求項12のいずれか1項に記載の可変波長選択フィルタによって所望の波長の光信号を分岐・挿入できるようにして、他のAOTFを動作させるようにすれば、他のAOTFにおいても所望の波長の光信号を分岐・挿入することができる。

【0077】また、請求項1、4、6、7、8のいずれか1項に記載の可変波長選択フィルタの出力を光通信ネットワークの光伝送路に接続しないで、所望の波長の光

信号を選択できるか否かの確認専用とし、他のAOTFを実際の運用とすれば、誤った波長の光信号を選択することがない。

(請求項14)図9は、請求項14に記載の発明の原理構成を示す図である。なお、図9は、請求項1を基本とした請求項14に記載の発明の原理構成を示す図であり、この場合について以下に説明し、請求項4、6、7、8を基本とした請求項14に記載の発明については、その説明を省略する。

【0078】図10は、RFF信号の入力強度とリジションレベルとの関係を示す図である。図10の縦軸は、(リジクト光の光強度/入力光の光強度)をdB単位で表示したリジクションレベルであり、横軸は、dBm単位で表示したRFF信号の入力強度である。図10に示すようにAOTFによって選択する光の強度であるリジクションレベルは、RFF信号の入力強度に依存し、特定の入力強度の場合に極大値になる。なお、この特性は、RFF周波数を変化させてもほぼ同様の特性となる。

【0079】図9および図10において、本可変波長選択フィルタは、AOTF部10、光強度検出手段61、最大値判別手段12、強度最大値判別手段62、周波数制御手段63およびRFF信号発生手段64から構成されている。なお、請求項1と同一の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0080】入力光信号は、AOTF部10に入力され、このAOTF部10によって選択した光信号は、その光強度を検出する光強度検出手段61に入力し、光強度検出手段61の出力は、最大値判別手段12および強度最大値判別手段62に入力する。一方、AOTF部10によって選択しなかった光信号は、AOTF部10から光伝送路に出力光信号として送出される。

【0081】また、このAOTF部10の第1および第2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手段64によって発生し、RFF信号発生手段64は、最大値判別手段12、強度最大値判別手段62および周波数演算手段63によってその周波数が制御される。最大値判別手段12の出力は、周波数制御手段63に入力され、請求項1の原理説明で説明したように、特定波長を選択するようにRFF信号の周波数を制御する。

【0082】そして、強度最大値判別手段62は、この光強度の最大値を与えるRFF信号の周波数を維持した状態で、RFF信号発生手段64により発生するRFF信号の出力強度を変えながら光強度検出手段11によって所定波長の光信号を検出して、この所定波長の光信号に対する光強度の最大値を判別する。周波数制御手段63は、強度最大値判別手段62からこの最適なRFF信号の入力強度の値を受信し、最適なRFF信号の周波数と入力強度とによりRFF信号発生手段を制御する。

【0083】こうして図10に示すリジクションレベ

ルの極大値を与えるRFF信号の入力強度を判別すること  
ができるから、請求項14に記載の可変波長選択フィル  
タは、特定波長を分岐・挿入するRFF信号の周波数だけ  
でなく、RFF信号の入力強度も最適化することができ  
る。

【0084】（請求項15）請求項15に記載のOAD  
M装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送  
路に接続されるとともに、印加するRFF信号の周波数に  
応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する可変波長選  
択フィルタと、前記可変波長選択フィルタに印加する前  
記RFF信号を発生するRFF信号発生手段と、前記可変波  
長選択フィルタによって分岐した光信号を受信処理する  
受信処理手段と、前記可変波長選択フィルタに挿入する  
光信号を生成する光信号生成手段とを備えるOADM装  
置において、可変波長選択フィルタは、 $n$ 個の光信号を  
分岐または挿入することができ、RFF信号発生手段は、  
 $(n+1)$ 個であることで構成する。

【0085】OADM装置で複数の波長の光信号を分岐・挿  
入する場合には、可変波長選択フィルタに分岐・挿  
入する光信号の数に応じた複数のRFF信号を印加する。  
RFF信号発生手段が分岐・挿入する光信号と同数である  
と、ある $ch$ から他の $ch$ を分岐・挿入する場合に、使  
用していないRFF信号発生手段がないから、ある $ch$ を  
分岐・挿入するのに使用したRFF信号発生手段を他の $c$   
 $h$ を分岐・挿入するのに使用しなければならぬ。その  
ため、ある $ch$ から他の $ch$ を分岐・挿入するためにR  
FF信号の周波数を連続的に変化させなければならぬか  
ら、その間の $ch$ も分岐・挿入することになりその間の  
 $ch$ に影響を与える。しかし、このようにRFF信号発生  
手段をOADM装置において分岐・挿入する数より1つ  
多く備えることにより、ある $ch$ から他の $ch$ を分岐・  
挿入する場合に使用していないRFF信号発生手段の周波  
数を他の $ch$ を分岐・挿入する周波数に合わせるから可  
変波長選択フィルタに印加することができ、このた  
め、その間の $ch$ に影響を与えることがない。

【0086】（請求項16）請求項16に記載のOAD  
M装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送  
路に接続されるとともに、印加するRFF信号の周波数に  
応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第1の可変  
波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタ  
によって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選  
択する第2の可変波長選択フィルタを備えるとともに該  
第2の可変波長選択フィルタによって選択された前記所  
定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複数の  
波長を持つ光から所定波長の光を選択する第3の可変波  
長選択フィルタを備えるとともに該第3の可変波長選択  
フィルタによって選択された前記所定波長の光を波調し  
て前記第1の可変波長選択フィルタに挿入する光信号を  
生成する光信号生成手段とを備えるOADM装置におい  
て、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少な

くとも1つは、請求項1、4、6、7、8のいずれか1  
項に記載の可変波長選択フィルタである。

【0087】請求項16に記載のOADM装置は、この  
ようにOADM装置に使用される可変波長選択フィルタ  
を温度変化などにより特定波長の光信号を分岐・挿入す  
るRFF信号がずれたとしてもそのずれを補償する請求項  
1ないし請求項14に記載の可変波長選択フィルタとす  
るので、常に、正確に特定波長の光信号を分岐・挿入  
することができる。

【0088】さらに、請求項16に記載のOADM装置  
は、トラッキングも行い可変波長選択フィルタを使用す  
る場合には、一旦特定波長の光信号を分岐・挿入するR  
FF信号の周波数が判別されれば、常に特定波長を分岐・  
挿入するようにRFF信号の周波数を維持することができ  
る。

（請求項17）請求項17に記載のOADM装置は、波  
長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送路に接続され  
るとともに、印加するRFF信号の周波数に応じて特定波  
長の光信号を分岐及び挿入する第1の可変波長選択フィ  
ルタと、前記第1の可変波長選択フィルタによって分岐  
した光信号の中から所定波長の光信号を選択する第2の  
可変波長選択フィルタを備えるとともに該第2の可変波  
長選択フィルタによって選択された前記所定波長の光信  
号を受信処理する受信処理手段と、複数の波長を持つ光  
から所定波長の光を選択する第3の可変波長選択フィル  
タを備えるとともに該第3の可変波長選択フィルタによ  
って選択された前記所定波長の光を波調して前記第1の  
可変波長選択フィルタに挿入する光信号を生成する第1の可  
変波長選択手段とを備えるOADM装置において、第1の可  
変波長選択フィルタは、請求項1、4、6、7、8のい  
ずれか1項に記載の可変波長選択フィルタであって請求  
項1、4、6、7、8の可変波長選択フィルタを複数の箇  
所に接続する。

【0089】このような可変波長選択フィルタでは、1  
つの可変波長選択フィルタのAOFF部では特定波長の  
光信号を所定の光強度のレベルまで遮断することができ  
ない場合でも、可変波長選択フィルタを複数の箇所に接  
続するので、所定のレベルまで遮断することができると  
いうにレジリエンション特性を改善することができ、ま  
た、前述したように可変波長選択フィルタのAOFF部  
の波長選択特性の幅が広く、ITU-T G. 692  
勧告で規定される0.8nm間隔の波長の隣り合う光  
信号を1つのAOFFで分岐しようとしても、クロスト  
ークが発生してしまう。しかし、請求項17に記載のO  
ADM装置では、可変波長選択フィルタを複数の箇所に  
接続するので、1段目の可変波長選択フィルタにおい  
てWDM光信号の $k$ 番目の光信号を分岐・挿入させ、2  
段目の可変波長選択フィルタにおいて $k$ 番目から離れた  
WDM光信号の $m$ 番目の光信号を分岐・挿入させ、以下  
同様に前段の可変波長選択フィルタにおいて分岐・挿入

・挿入するようにRFF信号の周波数を制御する。

【0096】また、最大値判別手段12は、RFF信号発  
生手段が発生させたすべての周波数の値と各周波数に対  
応する光強度の値とを記憶手段70に出力し、記憶手段  
70は、これらのすべての値を記憶する。このように構  
成することにより、最大値判別手段12において、所定  
波長の光信号を分岐・挿入するRFF信号の周波数の組が  
1つ判るので、前述した図2に示すRFF信号と選択波長  
との関係を用いれば、記憶手段70に記憶した値から、  
各光信号の波長に対する光強度も判別することができ  
る。

【0097】次に、請求項19に記載のスペクトルモニ  
タの原理について説明する。請求項19に記載のスペク  
トルモニタは、請求項18に記載のスペクトルモニタに  
おいて、送出すべき光信号を出力する出力側に接続され  
るとともに該光信号を選択する遮断手段をさらに備えて  
構成する。スペクトルモニタによって分岐しなかった光  
信号は、スペクトルモニタに接続される光装置、例え  
ば、次のトリビュタリ局やノードに送出されてしま  
う。特に、スペクトルモニタをOADM装置の光信号生  
成手段に使用した場合には、OADM装置の分岐・挿入  
を行うAOFF部においてスペクトルモニタによって分  
岐しなかった光信号と光伝送路から入力した光信号との  
間でクロストークを生じってしまう。

【0098】しかし、このように構成することにより、  
スペクトルモニタによって分岐しなかった光信号は、遮  
断されるので、そのような不都合は生じない。遮断手段  
は、光減衰器を使用することができ、光スイッチを使  
用してこの光スイッチにおいて何も接続していない出力  
へスイッチすることにより遮断することができる。光ア  
ンプを使用することにより光アンプの局起光を与えないこと  
により遮断することができる。また、光変調器を使用し  
てこの光変調器の電源を切ることにより遮断することが  
できる。さらに、AOFFを使用してこのAOFFにおい  
て光信号の波長から離れた波長の光を選択するようにし  
て遮断することができる。

【0099】（請求項20）請求項20に記載のOAD  
M装置は、波長分割多重方式の光信号を伝送する光伝送  
路に接続されるとともに、印加するRFF信号の周波数に  
応じて特定波長の光信号を分岐及び挿入する第1の可変  
波長選択フィルタと、前記第1の可変波長選択フィルタ  
によって分岐した光信号の中から所定波長の光信号を選  
択する第2の可変波長選択フィルタによって選択された前記所  
定波長の光信号を受信処理する受信処理手段と、複数の  
波長を持つ光から所定波長の光を選択する第3の可変波  
長選択フィルタを備えるとともに該第3の可変波長選択  
フィルタによって選択された前記所定波長の光を波調し  
て前記第1の可変波長選択フィルタに挿入する光信号を  
生成する光信号生成手段とを備えるOADM装置におい

する光信号とは離れた波長の光信号を後段の可変波長選  
択フィルタに分岐・挿入させることにより、クロストー  
クを減少させることができる。

【0090】例えば、可変波長選択フィルタを2個の縦  
横接続とした場合には、1段目の可変波長選択フィルタ  
においてWDM光信号の偶数（奇数）番目の光信号を分  
岐・挿入させ、2段目の可変波長選択フィルタにおいて  
WDM光信号の奇数（偶数）番目の光信号を分岐・挿入  
させることにより、クロストークを減少させることがで  
きる。

【0091】さらに、請求項17に記載のOADM装置  
は、縦横接続する可変波長選択フィルタを温度変化など  
により特定波長の光信号を分岐・挿入するRFF信号がず  
れたとしてもそのずれを補償する請求項1ないし請求項  
14に記載の可変波長選択フィルタとするので、常に、  
正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができ  
る。

【0092】また、請求項17に記載のOADM装置  
は、トラッキングも行い可変波長選択フィルタを使用す  
る場合には、一旦特定波長の光信号を分岐・挿入するR  
FF信号の周波数が判別されれば、常に特定波長を分岐・  
挿入するようにRFF信号の周波数を維持することができ  
る。

（請求項18および請求項19）図11は、請求項1  
8、19に記載の発明の原理構成を示す図である。  
【0093】図11において、本スペクトルモニタは、  
AOFF部10、光強度検出手段11、最大値判別手段12、  
周波数制御手段13、RFF信号発生手段14および  
記憶手段70から構成されている。ここで、AOFF  
部10から光伝送路に送出される前に接続される波長で  
示した遮断手段71は、請求項19に記載のスペクトル  
モニタの構成要件であり、請求項18に記載のスペクト  
ルモニタの構成要件ではない。また、請求項1と同一の  
構成については、同一の符号を付し、その説明を省略す  
る。

【0094】まず、請求項18に記載のスペクトルモニ  
タについて説明する。入力光信号は、AOFF部10に  
入力され、このAOFF部10によって分岐した光信号  
は、光強度検出手段61に入力する。この光強度検出手  
段61の出力は、最大値判別手段12に入力する。一  
方、AOFF部10によって分岐しなかった光信号は、AO  
FF部10から光伝送路に出力光信号として送出され  
る。

【0095】また、このAOFF部10の第1および第  
2の光導波路に印加されるRFF信号は、RFF信号発生手  
段14によって発生し、RFF信号発生手段14は、最大  
値判別手段12および周波数制御手段13によってその  
周波数が制御される。最大値判別手段12の出力は、周  
波数制御手段63に入力され、周波数制御手段63は、  
請求項1の原理説明で説明したように、特定波長を分岐



て、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つは、請求項18または請求項19に記載のスペクトルモニタであって、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つを可変波長選択フィルタとして使用する可変波長選択フィルタとをさらに備えて構成し、第1ないし第3の可変波長選択フィルタのうち少なくとも1つは、可変波長選択フィルタとスペクトルモニタとしての機能を兼ね備える。

[0100] このように構成することにより、請求項20に記載のOADM装置は、可変波長選択フィルタとスペクトルモニタとしての機能を兼ね備えることができる。

[0101]

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明における実施の形態を説明する。

[0102] (第1の実施形態) 第1の実施形態は、請求項1～5、11、12、14～20に記載の発明を用いて構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。

[0103] 図112は、第1の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。図112において、OADM装置は、3つの構成部分に大きく分けることができ、第1の構成部分は、光伝送路を伝送する32波のWDM光信号から必要に応じて分岐した特定波長の光信号を受信処理する受信処理部分である。第2の部分は、受信処理部分に分岐した光信号と同一波長の光信号を光伝送路から取り除き、次のノードに伝送されることを遮断するリジエクト部分である。第3の構成部分は、WDM光信号の空いているchに光信号を生成して挿入する挿入部分である。なお、受信処理部分、リジエクト部分および挿入部分は、それぞれ16波を処理することができ、

[0104] このようにOADM装置は、3つの構成部分から成り立ち、各構成部分に本発明に係る可変波長選択フィルタが使用されているので、以下、各構成部分ごとに説明する。

(第1の実施形態におけるリジエクト部分の構成) まず、このリジエクト部分について説明する。

[0105] 図113は、第1の実施形態におけるOADM装置に關し、そのリジエクト部分の構成を示す図である。図112および図113において、光伝送路を伝送してきた32波のWDM光信号は、光強度を増幅する光増幅器80に入射する。このWDM光信号の各ch間隔は、ITU-T G. 692(勧告)の規定に従い0.8nmである。増幅されたWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプラ81に入射する。分岐したWDM光信号の一方は、後述する受信処理部分の光カプラ110に入射し、他方は、光カプラ83に入射する。

[0106] 一方、基準信号光源82は、後述するAO

TF部84、90におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を判別するための第1基準信号と第2基準信号とを発生させ、これらの基準信号を光カプラ83、89に入射させる。これらの基準信号は、WDM光信号に使用される波長を除いた波長であればよいが、WDM光信号と混同しないためには、WDM光信号の波長帯域の両側の波長とするのが望ましい。さらに、WDM光信号の波長帯域がMバンドの場合には、これらの基準信号を使用するAOTF84、90にどの程度光伝送路に送出させないために、Mバンドの端の波長を使用し、第1基準信号は、1530nm～1535nmの間の波長、例えば、1530nmとすると、第2基準信号は、1565nm～1570nmの間の波長、例えば、1570nmとすると、これらの基準信号をこのような波長とすることにより、これら基準信号は、通常Mバンドに対して使用される中継光増幅器の利得傾斜の部分に配置されるので、仮にOADM装置から送出されたとしても光通信ネットワークを伝送する間に減衰してしまう。

[0107] 光カプラ83は、基準信号光源82からの第1基準信号および第2基準信号と光カプラ81から入射したWDM光信号とを混合して、この混合した光信号をAOTF部84に入射させる。AOTF部84は、RFF信号を発生するRFF信号光源88によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐し、選択されなかった光信号を通過させる。この分岐した光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するホトダイオード(以下、「PD」)と略記する。)85に入射する。

[0108] このPD85は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D86に出力する。A/D86は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。リジエクト側AOTF制御CPU87は、各種データを蓄積したEEPROM(Electric Erasable Programmable Read Only Memory)101からデータの送受信を行い、AOTF部84、90やRFF信号光源88、98などを後述するように制御する。

[0109] また、RFF信号光源88は、このリジエクト側AOTF制御CPU87によって発生するRFF信号の周波数とパワー(強度)とを制御する。RFF信号光源88は、リジエクト側のchにあるchから他のchに変える場合その間のchに影響を与えないようにするため、16波より1つ多い17個のRFF信号源が用意されている。

[0110] EEPROM101は、第1基準信号スキャン開始RFF周波数、第1基準信号スキャン終了RFF周波数、第2基準信号スキャン開始RFF周波数、第2基準信号スキャン終了RFF周波数、基準信号スキャン間隔、周波数トラッキング間隔、基準信号スキャン終了パワー、パワースキャン間

隔、パワートラッキング間隔、基準信号補脱用閾値などを蓄積する。

[0111] 一方、AOTF部84を通過した光信号は、光カプラ89に入射し、この光カプラ89によって基準信号光源82から入射した第1基準信号および第2基準信号と再度混合される。再度混合されるのは、AOTF部84によってこれらの基準信号が選択されて分岐した場合に於いてAOTF部90に入射されない値があるからである。

[0112] 混合された光信号は、AOTF部90に入射される。このAOTF部90は、RFF信号を発生するRFF信号光源98によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定の波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐し、選択されなかった光信号を通過させる。この分岐した光信号は、その光信号を受光して光強度を検出するPD95に入射する。

[0113] このPD95は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D96に出力する。A/D96は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換してリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。また、RFF信号光源98は、このリジエクト側AOTF制御CPU87によって発生するRFF信号の周波数とパワー(強度)とを制御する。

[0114] 一方、AOTF部90を通過したWDM光信号は、2つに光を分岐する光カプラ91に入射し、分岐した一方のWDM光信号は、AOTF部84、90によって所望の光信号がリジエクトされた否かを検出する光スイッチ(以下、「光SW」)と略記する。)97を介して光の波長とその光強度とを監視するスペクトルモニタ99に入力される。OADM装置制御CPU100によって確認される。確認の結果、所望の光信号がリジエクトされていない場合には、OADM装置制御CPU100は、リジエクト側AOTF制御CPU87に警告を送信して、再度リジエクトさせる。

[0115] 光SW97は、スペクトルモニタ99によって光SW97に入射するいずれの光信号をスペクトルモニタ99に入射させるかを制御され、指示された光信号をスペクトルモニタ99に入射させる。スペクトルモニタ99は、検出した光の波長とその光強度のデータをOADM装置制御CPU100に出力する。OADM装置制御CPU100は、スペクトルモニタ99からのデータに従ってリジエクト側AOTF制御CPU97、分岐側AOTF制御CPU123および挿入側AOTF制御CPU145を制御する。その制御は、上述の図のほかに以下の記載で順次明らかにする。

[0116] また、光カプラ91によって分岐した他方のWDM光信号は、光カプラ92に入射し、この光カプラ92によって後述する挿入部分に生成された光信号と混合される。混合されたWDM光信号は、光強度を増幅する光増幅器93に入射し、増幅されて光カプラ94に

入射する。光カプラ94は、このWDM光信号を2つに分岐する。分岐した一方のWDM光信号は、光伝送路に送出される。分岐した他方のWDM光信号は、光カプラ92によって挿入部分によって生成された光信号が混合されたか否かを検出するために、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入力され、OADM装置制御CPU100によって確認される。確認の結果、所望の光信号が混合されていない場合には、OADM装置制御CPU100は、挿入側AOTF制御CPU123に警告を送信して、再度挿入すべき光信号を生成させる。

[0117] (本発明と第1の実施形態におけるリジエクト部分との対応関係) 以下、本発明と第1の実施形態におけるリジエクト部分との対応関係について説明する。請求項1ないし請求項3については、後述する受信処理部分における構成を説明するときに対応関係を説明する。

[0118] 請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、RFF信号発生手段はRFF信号光源88、98に対応し、基準信号挿入手段は基準信号光源82と光カプラ83、89とに対応し、基準信号検出手段はPD85、95とA/D86、96とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応し、周波数演算手段はEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応する。

[0119] 請求項11、12に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、重畳手段はRFF信号光源88とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応し、トラッキング手段はPD85とA/D86とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応する。請求項14に記載の可変波長選択フィルタと第1の実施形態との対応関係については、強度最大値判別手段はPD85とA/D86とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とに対応する。

[0120] 請求項15に記載の分岐・挿入装置と第1の実施形態との対応関係については、RFF信号発生手段は、RFF信号光源88、98に対応する。請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と第1の実施形態との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTF部84、90とPD86、95とA/D86、96とEEPROM101とリジエクト側AOTF制御CPU87とRFF信号光源88、98とに対応する。

[0121] 請求項18ないし請求項20については、後述する挿入部分における構成を説明するときに対応関係を説明する。

(第1の実施形態におけるリジエクト部分の作用効果) 次に、AOTF部84におけるリジエクト側AOTF制御CPU87の制御について説明する。[0122] 図114は、基準信号をスキャンする方法を

説明する図である。図14の縦軸は、PD85で検出した光強度に対するA/D86の出力値であり、横軸は、RF信号の周波数である。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、OADM装置制御CPU100からリジエクト要求を受け、どのchをリジエクトするか識別する(＃1)。

【0123】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、EEPROM101に蓄積してある「第1基準信号スキヤン開始RF周波数fa (Hz)」、「基準信号スキヤン開始RFパワーPa (dBm)」を読み込み、RF信号源88へこれらのデータを送信する(＃2)。

この第1基準信号スキヤン開始RF周波数faは、第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数よりも低い周波数に設定される。さらに、前述したように第1基準信号を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM101に適切な温度間隔を置いてその温度ごとにfaを複数用意しておく。

【0124】そして、RF信号源88は、受信した周波数faおよびパワー(強度)PaのRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(＃3)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号補用閾値αより大きいか小さいかを判断する。もし、小さい場合(図14の点A)には、EEPROM101に蓄積されている「基準信号スキヤン開始RF周波数fb」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数fbを

$$fb = fa + d \quad \dots 1$$

から求め、新たにRF信号源88へ送信する(＃4)。

【0125】そして、RF信号源88は、受信した周波数fbおよび最初に受信したパワーPaのRF信号を発生し、AOTTF部84に印加する(＃5)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86を監視し、A/D86の出力値がEEPROM101に蓄積されている基準信号補用閾値αより大きいか小さいかを判断する(＃6)。

【0126】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値がαより大きくなるまで4から＃6までを繰り返す(＃7)。一方、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値がαより大きい場合(図14の点D、RF信号の周波数fd)には、EEPROM101に蓄積されている「周波数トラッキング間隔Δd (Hz)」を用いて、次にスキヤンを行うRF信号の周波数Δfa、Δfbをfdを中心にして、

$$\Delta fa = fd + \Delta d \quad \dots 2$$

$$\Delta fb = fd - \Delta d \quad \dots 3$$

から求めて、ΔfaおよびΔfbを順次に新たにRF信号源88へ送信する(＃8)。

【0127】そして、リジエクト側AOTTF制御CPU

50

て、リジエクションレベルをリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する。さらに、リジエクトchを誤っている場合にはその警告もリジエクト側AOTTF制御CPU87に送信する(＃17)。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、受信したリジエクションレベルがEEPROM101に蓄積されている「リジエクションレベル閾値β (dBm)」より大きいか否かを判断する。受信したリジエクションレベルがβより小さい場合および警告を受信した場合は、再度第1基準信号および第2基準信号のスキヤンを行う(＃18)。

【0134】また、AOTTF部90に対するRF信号の周波数とパワーのスキヤンは、＃1から＃18と同様の制御でリジエクト側AOTTF制御CPUの制御87によって行われるので、その説明を省略する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU100は、選択すべきchに対応するRF信号の周波数を演算して、その周波数のRF信号をAOTTF部84またはAOTTF部90に印加して、所望のchを遮断する(＃19)。

【0135】なお、基準信号が第1基準信号だけで第2基準信号がない場合には、EEPROM101は、第2基準信号スキヤン開始RF周波数および第2基準信号スキヤン終了RF周波数に代えて、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値を蓄積する。そして、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、＃13および＃14に代えて、f(i)、第1基準信号の波長とch1の波長との差、単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して遮断するためのRF信号の周波数を算出を行う。

【0136】このように、所望のchの光信号を遮断する前に、そのchを遮断するRF信号の周波数を探ることで、温度変化などによるRF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のchの光信号を遮断することができ、なお、所望のchの光信号を遮断する度に、＃1から＃19までを繰り返してもよいが、＃15のRF信号のパワーの最適化については、図10で前述したようにRF信号の入力強度とリジエクションレベルとの関係は、RF信号の周波数を変化させてもほぼ同様の特性を示すから、前回に行った結果を使用して＃15を省略することができる。

【0137】また、上述では、基準信号を基準信号源82によってWDM光信号に挿入したが、光通信ネットワークを運用する上での監視信号であるOSC (Optical Supervisory channel) を基準信号として利用してもよい。こうして最適なRF信号の周波数をAOTTF部84、90に印加することにより、正確に所望のchの光信号を遮断することができるが、遮断している間においても、最適なRF信号は、温度変化、RF信号の周波数のシフトおよびゆらぎなどにより、シフトすることがある。そのため、所望のchを正確に遮断するために最適なRF信号の周波数をトラッキングする必要がある。

50

【0138】次に、このトラッキングについて説明する。図15は、トラッキング用の変調波長と出力光との関係を示す図である。図15の縦軸は、光強度であり、横軸は、RF信号の周波数である。曲線Zは、AOTTF部の選択特性であり、ほぼ左右対称な上に凸の曲線である。この図15において、光強度の最大値を与えるRF信号の周波数が、上述で求めた所望のchを遮断するために最適なRF信号の周波数である。横軸の下部の曲線は、正接線状のトラッキング用の変調信号であり、曲線Zの右上の曲線は、これに正接した出力光である。

【0139】AOTTF部84におけるトラッキングとAOTTF部90におけるトラッキングとは、同様のので、AOTTF部84におけるトラッキングについて説明する。図12、13、15において、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、RF信号源88を制御してAOTTF部84に印加するRF信号の周波数を最適な周波数を中心にあわせて、図15に示すトラッキング用の変調信号を生じさせる。この変調信号を10kHzから1MHzの周波数、例えば、20kHzとする。

【0140】AOTTF部84で遮断される所望のchの光信号は、この変調信号成分を含んでAOTTF部84によって選択されて分岐し、PD85に入射する。PD85は、この光信号の光強度を検出しA/D86を介してリジエクト側AOTTF制御CPU87に出力する。このため、リジエクト側AOTTF制御CPU87は、この変調信号に対応した光強度の出力値を得られる。

【0141】ここで、光信号をトラッキング用の変調信号で変調しても、本来、AOTTF部84において遮断される光信号であるから、何ら問題ない。リジエクト側AOTTF制御CPU87は、A/D86の出力値が最も大きくなるように制御する。これは、図15に示すように曲線Zがほぼ左右対称な上に凸の曲線であるので、RF信号の周波数を高い方と低い方とに極くわずかに振った場合、周波数の高い方と低い方の両方でA/D86の出力値が小さくなれば、その中心の周波数がA/D86の出力値が最も大きくなるからである。

【0142】また、このようにA/D86の出力値が最も大きくなるように制御することにより、最適なRF信号の周波数を維持することができる。ここで、RF信号の周波数を高い方と低い方とに振る範囲は、極わずかであるが、0.8nm間隔のWDM光信号の場合では隣接するch間に対するRF信号の周波数の差が90kHzであるから、少なくとも45kHz以内にすることが必要である。さもなければ隣接するchを遮断してしまうことになるからである。

【0143】なお、リジエクト側AOTTF制御CPU87に周波数カウンタを設けた場合には、A/D86の出力値の周期を検出することによっても最適なRF信号の周波数を維持することができる。すなわち、RF信号源88が発生するRF信号の周波数が最大値を与える周波

数に一致する場合は、この出力値は、トラッキング用変調信号が1往復する間に、曲線2の極大値から周波数の高い側に1往復し、さらに周波数の低い側に1往復するので、この変調信号の2倍の周波数の正弦波となる。一方、RF信号周88が発生するRF信号の周波数が最大値を与えらる周波数に一致しない場合は、この出力値は、この変調信号の2倍の周波数を生じない。

[0144]したがって、変調信号の2倍の周波数の出力値が得られるようにRF信号の周波数を調節すれば、常に極大値を与えらる周波数の周波数に維持することとができる。こうしてAOTF部84は、一度、特定波長の光信号を分岐・挿入するRF信号の周波数が判別された後は、トラッキングによって最適なRF信号の周波数が制御される。

[0145]また、トラッキング用の変調信号を10kHzから1MHzの範囲内である20kHzと設定するので、LN変調器の可変バイアスコンタクト回路に既にかけられている1kHzの変調信号と重畳することがない。さらに、その変調信号を1MHz以下とするので、高速な変調ではないから、リジエクト側AOTF制御CPU87の負担となることもない。

[0146]次に、受信処理部分について説明する。(第1の実施形態における受信処理部分の構成)この受信処理部分は、請求項1～3、16、17に記載の発明を適用して構成された可変波長選択フィルタ・OADM装置の実施形態である。図16は、第1の実施形態におけるOADM装置に関し、この受信処理部分の構成を示す図である。なお、AOTF部112、113とA/D111号源119、122とPD117、120とA/D118、121と光プロ114、115、124と光受信機116とからなる受信処理を行う部分300は、本受信処理部分16の受信処理を行うため16個あるが、同一の構成であるため、図12および図15には、そのうちの1波を受信処理する部分のみを示し、これらの図に図示していない。さらに、その説明も同一であるため、以下、1波を受信処理を行う部分について説明する。

[0147]図16において、前述の光プロ114で分岐した32波のWDM光信号は、2つに光を分岐する光プロ110に入射する。光プロ110で分岐した一方のWDM光信号は、光プロ117で32波のWDM光信号が分岐したか否かを検出するために、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入射し、OADM装置制御CPU100によって検出される。OADM装置制御CPU100は、WDM光信号が分岐されていることを確認すると、後述する分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123に受信処理をさせる。

[0148]一方、光プロ110で分岐した他方のWDM光信号は、1×16光プロ111に入射し、16

の32波のWDM光信号に分配され分岐する。したがって、1×16光プロ111から出力されるWDM光信号には、32波の光信号が含まれている。なお、ここで、1×16光プロ111は、16に分配して分岐する光プロ117を使用したが、これは、第1の実施形態におけるOADM装置が16波を分岐・挿入することができることに対応する。すなわち、図1のOADM装置が8波を分岐・挿入することができるときは、8に分配して分岐する光プロ117でよい。そして、この場合には、受信処理を行う部分300も8個でよい。

[0149]1×16光プロ111で分配されて分岐したWDM光信号は、AOTF部112に入射する。AOTF部112は、RF信号を発生するRF信号源122によって印加されたRF信号の周波数に対応して特定波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐し、選択されなかった光信号は、そのまま捨てられる。一方、AOTF部112で選択されて分岐した光信号は、2つに光を分岐する光プロ124で分岐される。この光プロ124で分岐した一方の光信号は、その光信号を受光し光強度を検出したPD120に入射する。

[0150]このPD120は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D121に出力する。A/D121は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して分岐側AOTF制御CPU123に送信する。分岐側AOTF制御CPU123は、スキャン開始RF周波数、スキャン終了RF周波数、スキャンRFパワーおよび単位RF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM125とデータ送受信を行い、AOTF部112、113やRF信号源112、119などを行って後述するように制御する。

[0151]また、RF信号源122は、この分岐側AOTF制御CPU123によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光プロ124で分岐した他方の光信号は、RF信号を発生するRF信号源119によって印加されたRF信号の周波数に対応して特定波長の光信号を入射した光信号から選択して分岐する。AOTF部113は、再度AOTF部112と同一のchを選択して分岐する。このようにAOTFを2段階接続するのは、AOTFの波長選択特性の幅が広いことから、希望のchに隣接するchからの影響をなくし確実に希望のchを選択するためである。

[0152]AOTF部113によって選択されて分岐した光信号は、2つに光を分岐する光プロ114に入射する。光プロ114で分岐した一方の光信号は、その光信号を受光し光強度を検出したPD117に入射する。このPD117は、受光した光強度に従ったレベルの電気信号をA/D118に出力する。A/D118は、受信したアナログ信号をデジタル信号に変換して分岐側AOTF制御CPU123に送信する。

[0153]また、RF信号源119は、この分岐側AOTF制御CPU123によって発生するRF信号の周波数とパワーとを制御される。一方、光プロ114で分岐した他方の光信号は、光プロ115に入射し、光プロ115で再度2つに分岐される。この光プロ115で分岐した一方の光信号は、光信号を復調して受信処理を行う光受信機116に入射し、受信処理される。

[0154]また、この光プロ115で分岐した他方の光信号は、AOTF部112、113によって希望のchの光信号が選択されて分岐されたか否かを検出するため、光SW97を介してスペクトルモニタ99に入射し、OADM装置制御CPU100によって検出される。OADM装置制御CPU100は、希望のchの光信号が選択されて分岐していないことを確認すると、分岐側AOTF制御CPU123に信号を送信し、AOTF制御CPU123は、再度AOTF部112、113を制御して受信処理を行う。

[0155]（本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係）以下、本発明と第1の実施形態における受信処理部分との対応関係について説明する。請求項1～3に記載の可変波長選択フィルタと受信処理部分との対応関係については、RF信号発生手段はRF信号源119、122に対応し、光強度検出手段はPD117、120に対応し、最大値判別手段はA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU123とEEPROM125とに対応し、周波数制御手段は分岐側AOTF制御CPU123に対応する。

[0156]請求項16、17に記載の分岐・挿入装置と受信処理部分との対応関係については、第2の可変波長選択フィルタはAOTF部112、113とPD117\*30

$$f_{bdr} = f_{adr} + ddr$$

から求め、新たにRF信号源122へ送信する（#34）。

[0159]そして、RF信号源122は、受信した周波数f<sub>bdr</sub>およびパワーP<sub>adr</sub>のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#35）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号補用閾値α<sub>dr</sub>より大きい小さいかを判断する（#36）。

$$\Delta f_{adr} = f_{adr} + \Delta ddr$$
$$\Delta f_{bdr} = f_{bdr} - \Delta ddr$$

から求めて、Δf<sub>adr</sub>およびΔf<sub>bdr</sub>を順次に新たにRF信号源122へ送信する（#38）。

[0161]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、Δf<sub>adr</sub>に対するA/D121の出力値とΔf<sub>bdr</sub>に対するA/D121の出力値とを比較する（#39）。そして、Δf<sub>bdr</sub>に対するA/D121の出力値よりΔf<sub>adr</sub>に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心をf<sub>adr</sub>からf<sub>bdr</sub>に換えて、#38および#39を行う（#40）。

\*7、120とA/D118、121と分岐側AOTF制御CPU124とEEPROM125とRF信号源119、122とに対応する。

（第1の実施形態における受信処理部分の作用効果）次に、AOTF部112における分岐側AOTF制御CPU123の制御について説明する。

[0157]分岐側AOTF制御CPU123は、OADM装置制御CPU100から受信処理要求を受け、そのchを受信処理するか検出する（#31）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、EEPROM101に蓄積してある「スキャン開始RF周波数（H<sub>z</sub>）」、「スキャン開始RFパワーP<sub>adr</sub>（dBm）」を抜き込み、RF信号源122へこれらのデータを送信する（#32）。このスキャン開始RF周波数（f<sub>adr</sub>）は、ch1を選択して分岐するRF信号の周波数より低い周波数に設定される。さらに、前述したようにch1を選択して分岐するRF信号の周波数は、温度に依存するので、EEPROM125に適当な温度間隔を置いてその温度ごとにf<sub>adr</sub>を複数用意しておく。

[0158]そして、RF信号源122は、受信した周波数（f<sub>adr</sub>）およびパワー（強度）P<sub>adr</sub>のRF信号を発生し、AOTF部112に印加する（#33）。そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121を監視し、A/D121の出力値がEEPROM125に蓄積されている基準信号補用閾値α<sub>dr</sub>より大きい小さいかを判断する。もし、小さい場合には、EEPROM125に蓄積されている「スキャン間隔ddr（H<sub>z</sub>）」を用いて、次にスキャンを行うRF信号の周波数f<sub>bdr</sub>を

$$f_{bdr} = f_{adr} + ddr$$

※[0160]そして、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値がα<sub>dr</sub>より大きくなるまで#34から#36までを繰り返す（#37）。一方、分岐側AOTF制御CPU123は、A/D121の出力値がα<sub>dr</sub>より大きい場合には、EEPROM125に蓄積されている「周波数トラッキング間隔Δddr（H<sub>z</sub>）」を用いて、次にスキャンを行うRF信号の周波数Δf<sub>adr</sub>、Δf<sub>bdr</sub>をそのときにRF信号源122に印加されている周波数f<sub>adr</sub>を中心にして、

$$\Delta f_{adr} = f_{adr} + \Delta ddr$$
$$\Delta f_{bdr} = f_{bdr} - \Delta ddr$$

らΔf<sub>adr</sub>に換えて、#38および#39を行う。一方、Δf<sub>adr</sub>に対するA/D121の出力値よりΔf<sub>bdr</sub>に対するA/D121の出力値の方が大きい場合には、周波数の中心をf<sub>adr</sub>からΔf<sub>bdr</sub>に換えて、#38および#39を行う（#40）。

[0162]このようにA/D121の出力値が大きい方の周波数を次にスキャンする周波数の中心に換えて、スキャンを行うと中心の周波数は、A/D121の出力



成すべきか鑑別する（#51）。

[0181] 挿入側AOTF制御CPU145は、光SW131を何も接続していない光導波路に入射させるように切り換える（#52）。この後のRFF信号の周波数と選択波長との関係とを判断する制御は、前述の#42から#48と同様に考えることができるので、その説明を省略する。そして、挿入側AOTF制御CPU145は、挿入すべきchに対応するRFF信号の周波数を演算して、その周波数のRFF信号をAOTF135、136に印加し、所望のchの光を光変調器133に入射させる。この所望のchの光は、光変調器133で送出すべき情報に基づいて変調され、挿入すべき光信号が生成される（#53）。

[0182] このように、所望のchの光信号を生成する前に、そのchを選択して分岐するRFF信号の周波数を探るので、温度変化などによるRFF信号の周波数シフトを補償することができる。したがって、正確に所望のchの光信号を挿入することができる。一方、スペクトルモニタ145は、前述の#32と#44までの制御の間において、スキャン周波数を変えたときに、そのRFF信号の周波数とその周波数に対するA/D141、144からの出力値の極大値をRAM145に記憶する制御を行うことと以外、#32から#44と同様の制御を行うので、その説明を省略する。

[0183] そして、挿入側AOTF制御CPU145は、RFF信号の周波数と選択波長との関係に基づいてA/D141、144からの出力値とレーザの波長との対応付けを行う。このように制御することにより、レーザの波長とそのときの光強度とを検出するスペクトルモニタとして使用することができる。

[0184] 次に、この第1の実施形態におけるOADM装置において、光信号を分岐・挿入する場合の全体の制御について説明する。図12、13、16、17において、OADM装置制御CPU100は、どのchを遮断すべきかリジエクト側AOTF制御CPU87に送信する。この信号を受けたリジエクト側AOTF制御CPU87は、上述の#1から#19の制御を行い、所望のchを遮断したことをOADM装置制御CPU100に送信する。そして、リジエクト側AOTF制御CPU87は、上述のトラッキングを行い、最適な遮断状態を維持する。

[0185] 信号を受けたOADM装置制御CPU100は、光カプラ91と光WS97とスペクトルモニタ99を介して所望のchを遮断したことを確認すると、どのchの光信号を受信処理するか分岐側AOTF制御CPU123に送信し、さらに、どのchに光信号を挿入すべきか挿入側AOTF制御CPU145に送信する。[0186] 信号を受けた分岐側AOTF制御CPU123は、上述の#31から#48の制御を行い、所望のchの光信号を受信処理したことをOADM装置制御CPU100に送信する。また、信号を受けた挿入側AOTF制御CPU145は、上述の#51から#53の制御を行い、所望のchの光信号を生成したことをOADM装置制御CPU100に送信する。このようにして、所望のchの光信号が生成され、挿入側AOTF制御CPU145から挿入側AOTF制御CPU145に送信される。この光信号は、挿入側AOTF制御CPU145によって分岐される。一方、挿入側AOTF制御CPU145は、このWDM光信号を2つに分岐して、一方を光伝送路に送出し、残りのノードに送信する。また、分岐した他方を光WS156に入射する。

[0191] 一方、光カプラ155で分岐した32波のWDM光信号は、AOTFユニット153におけるAOTF部2は、R

F信号の周波数と選択波長との関係を判断するために使用される。AOTF部2は、RFF信号線161によって印加されたRFF信号の周波数に対応して特定波長の光信号を入射したWDM光信号から選択して分岐する。選択されなかったWDM光信号と選択され分岐した光信号とともに、光SW156に入射する。

[0192] 光SW156は、スペクトルモニタ157によって光SW156に入射する光信号をスペクトルモニタ157に入射させるかを制御され、指示された光信号をスペクトルモニタ157に入射させる。スペクトルモニタ157は、検出した光の波長とその光強度とをAOTF制御CPU158に出力する。AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157から受信した光の波長と光強度とをRAM159に蓄積する。また、AOTF制御CPU158は、ASEリジエクト側RFF信号の周波数、ASEリジエクト側RFFパワーおよび単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などのデータを蓄積したEEPROM160とデータの送受信を行い、AOTFユニット153、RFF信号線161およびスイッチ162を後述するように制御する。

[0193] (本発明と第2の実施形態との対応関係) 以下、本発明と第2の実施形態との対応関係について説明する。請求項6に記載の可変波長選択フィルタと対応関係については、光増幅器は光アンプ150に対応し、RFF信号発生手段はRFF信号線161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、波長判別手段はAOTF制御CPU158とRAM159とEEPROM160に対応し、周波数演算手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。

[0194] 請求項7に記載の可変波長選択フィルタと対応関係については、RFF信号発生手段はRFF信号線161に対応し、スペクトルモニタはスペクトルモニタ157に対応し、周波数演算手段はAOTF制御CPU158とEEPROM160に対応する。請求項13に記載の可変波長選択フィルタは、AOTFユニット153に対応し、温度制御手段はベルチエ素子とAOTF制御CPU158に対応する。

[0195] 請求項16に記載の分岐・挿入装置と挿入側部分との対応関係については、第1の可変波長選択フィルタはAOTFユニット153とRFF信号線161とスペクトルモニタ157とAOTF制御CPU158とEEPROM160とRAM159とスイッチ162とに対応する。

(第2の実施形態の作用効果) AOTF制御CPU158は、光信号をAOTF部1によって分岐・挿入する前に、AOTF部2を使用して、その温度におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係をAOTF部2を使用して判別する。

[0196] AOTF部1とAOTF部2とは、同一基

板上に形成されていることから、その単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値などの諸特性はほぼ同一である。また、ベルチエ素子によってAOTF部1とAOTF部2とは、同一の温度であるから、判別したAOTF部2におけるRFF信号の周波数と選択波長との関係は、そのままAOTF部1に当てはまる。

[0197] このため、光伝送路を伝送するWDM光信号に影響を与えることなく、RFF信号の周波数と選択波長との関係を判別することができる。そして、判別した結果を用いるので、光伝送路を伝送するWDM光信号から所望の光信号を正確に分岐・挿入することができる。次に、RFF信号の周波数と選択波長との関係を求める手順について説明する。

[0198] AOTF制御CPU158は、スイッチ162を切ってRFF信号線161からのRFF信号をAOTF部1に印加しないようにする（#61）。そして、AOTF制御CPU158は、EEPROM160に蓄積されている「ASEリジエクト側RFF周波数」、「ASEリジエクト側RFFパワー」を読み込み、RFF信号線161へこれらのデータを送信する（#62）。

[0199] そして、RFF信号線161は、受信した周波数およびパワーのRFF信号を発生し、AOTF部1に印加する（#63）。そして、AOTF制御CPU158は、スペクトルモニタ157にAOTF部2において選択して分岐しない（AOTF部2を通過する）光信号をモニタするように制御し、スペクトルモニタ157は、光SW156に指示してAOTF部2において選択して分岐しない光信号をスペクトルモニタ157に入射させるように制御する（#64）。

[0200] そして、スペクトルモニタ157は、WDM光信号の波長帯域にわたって光の波長とその波長における光強度とをモニタして、その結果をAOTF制御CPU158に送信する（#65）。

そして、AOTF制御CPU158は、これらの受信データを一旦RAM159に蓄積する（#66）。

[0201] そして、AOTF制御CPU158は、蓄積したデータを解析してASEの値を検索する（#67）。この検索は、一定の閾値を設定し、その閾値以下の光強度の範囲において、光強度の極小値を判別することによって行うが、この手法は、第1の実施形態で説明した極大値を求める手法と同様の考えによって行うことができる。

[0202] そして、AOTF制御CPU158は、この極大値を与える波長、ASEリジエクト側RFF周波数、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch閾値から各chを選択して分岐するためのRFF信号の周波数を算出する（#68）。

[0203] そして、AOTF158は、所望のchに対応するRFF信号の周波数発生するようにRFF信号線161を制御する。さらに、スペクトルモニタ157に





範囲内においてスキヤンして、第1の実施形態において説明した#4から#11と同様の考え方によって、TEモードに対する最大値を判別する(#84)。

[0225] もちろん、#83においてRFF信号源171を固定して、TEモードに対する最大値を判別し、次に、#84においてRFF信号源180を固定して、TMモードに対する最大値を判別してもよい。

[0226] そして、AOTF制御CPU191は、TMモードの最大値を与えるRFF信号の周波数、ch1の波長、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのTMモードにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示す図である。そして、AOTF制御CPU191は、TEモードの最大値を与えるRFF信号の周波数、ch1の波長、単位RFF信号の周波数変化に対する選択波長変化の値および各ch間隔から各chを選択して分岐するためのTEモードにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を示す図である。(#86)。

[0227] このように、所望のchの光信号を分岐・挿入する前に、そのchを分岐・挿入するRFF信号の周波数を探ることで、温度変化などによるRFF信号の周波数シフトを補償することができる。さらに、TEモードをTMモードに入れ替える最適なRFF信号の周波数とTMモードをTEモードに入れ替える最適なRFF信号の周波数とは、互いに異なるが、このような構成とすることにより、各モードに対し異なる周波数のRFF信号を印加して細かく調整をすることができるから、第3の実施形態におけるOADM装置は、正確に特定波長の光信号を分岐・挿入することができる。

[0228] ここで、光伝送路において偏光がゆっくり回転している場合、AOTF制御CPU191がRFF信号源171、180に周波数のデータを送信してその周波数に対するA/D190の出力値を得る時、間よりも偏光がゆっくり回転している場合には、A/D190の出力値ではなく、A/D187、188の出力値を使用することにより、より正確にTMモードにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係およびTEモードにおけるRFF信号の周波数と選択波長との関係を得ることができる。

[0229] この場合には、#80から#82において、A/D190の出力値の代わりにA/D187の出力値とA/D188の出力値との平均値を用いる。そして、#83において、TMモードに対する最大値を判別する場合には、A/D190の出力値の代わりにTEモードのA/D188の出力値を用い、#84において、TEモードに対する最大値を判別する場合には、A/D190の出力値の代わりにTMモードのA/D187の出力値を用いる。このようにしてAOTF制御CPU191は、#80から#86までの制御をすることにより、TMモードにおけるRFF信号の周波数と選択波長と

[図3] 請求項4、5に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図4] 基準信号とWDM光信号との関係を示す図である。

[図5] 請求項6に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図6] ASEの値とWDM光信号との関係を示す図である。

[図7] 請求項7に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図8] 請求項11、12に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図9] 請求項14に記載の可変波長選択フィルタの原理構成を示す図である。

[図10] RFF信号の入力強度とリジクショナルレベルとの関係を示す図である。

[図11] 請求項18、19に記載のスペクトルモニタの原理構成を示す図である。

[図12] 第1の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図13] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、リジクショナル部分の構成を示す図である。

[図14] 基準信号をスキヤンする方法を説明するための図である。

[図15] トラッキング用の変調信号と出力光との関係を示す図である。

[図16] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、受信処理部分の構成を示す図である。

[図17] 第1の実施形態におけるOADM装置に関し、挿入部分の構成を示す図である。

[図18] 第2の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図19] 第3の実施形態におけるOADM装置の構成を示す図である。

[図20] 従来のAOTFの構成を示す図である。

[図21] AOTFを用いたOADM装置の第1の基本構成を示す図である。

[図22] AOTFを用いたOADM装置の第2の基本構成を示す図である。

[符号の説明]

10 AOTF

11、51、61 光強度検出手段

12 最大値判別手段

13 周波数制御手段

14、24、34、44、54 RFF信号発生手段

18 第3の偏光手段

20 基準信号挿入手段

21 基準信号検出手段

23、33、43、63 周波数演算手段

30 光増幅器

31、41 スペクトルモニタ

32 波長判別手段

50 重量手段

52 トラッキング手段

62 強度最大値判別手段

70 記憶手段

71 遮断手段

80 光アンプ

82 基準信号源

83、89 光カプラ

84、90、112、113、135、136 AOTF部

85、95、117、120、140、143、185、186、189 PD

87 リジクショナル側AOTF制御CPU

88、98、119、120、139、142、161、171、180 RFF信号源

99、157 スペクトルモニタ

100 OADM装置制御CPU

101、125、147、160、192 EEPROM

123 分岐側AOTF制御CPU

131 光SW

145 挿入側AOTF制御CPU

148、159 RAM

151 光カプラ

152、181 光信号生成回路

153 AOTFユニット

154、182 受信処理回路

158、191 AOTF制御CPU

162 スイッチ

172 第1の光導波路

173 第2の光導波路

174、179 IDT

175 第1のSAWガイド

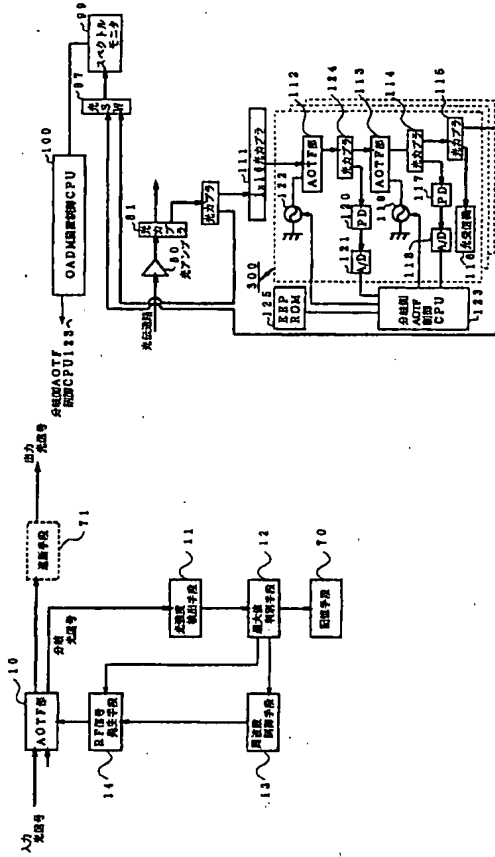
176、177、184 PBS

178 第2のSAWガイド



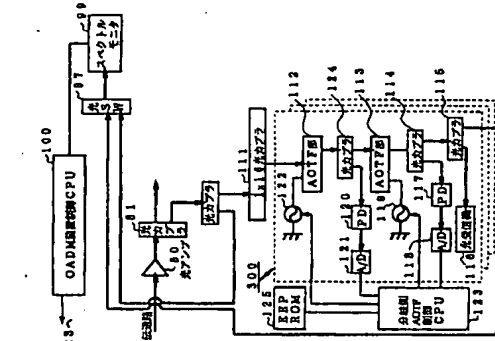
【図11】

図11は、10に示す構成要素の接続関係を示すブロック図である。



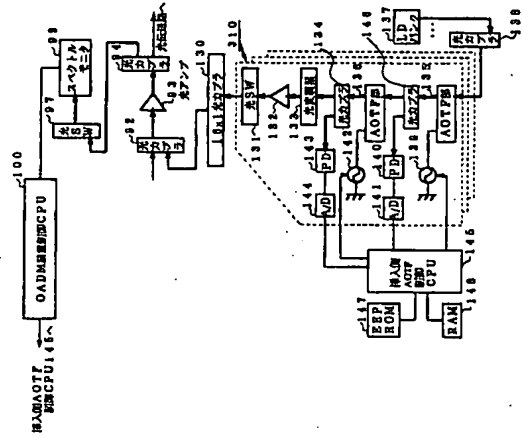
【図16】

図16は、10に示す構成要素の接続関係を示すブロック図である。



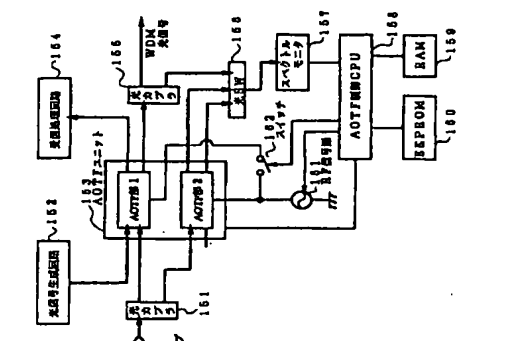
【図17】

図17は、10に示す構成要素の接続関係を示すブロック図である。



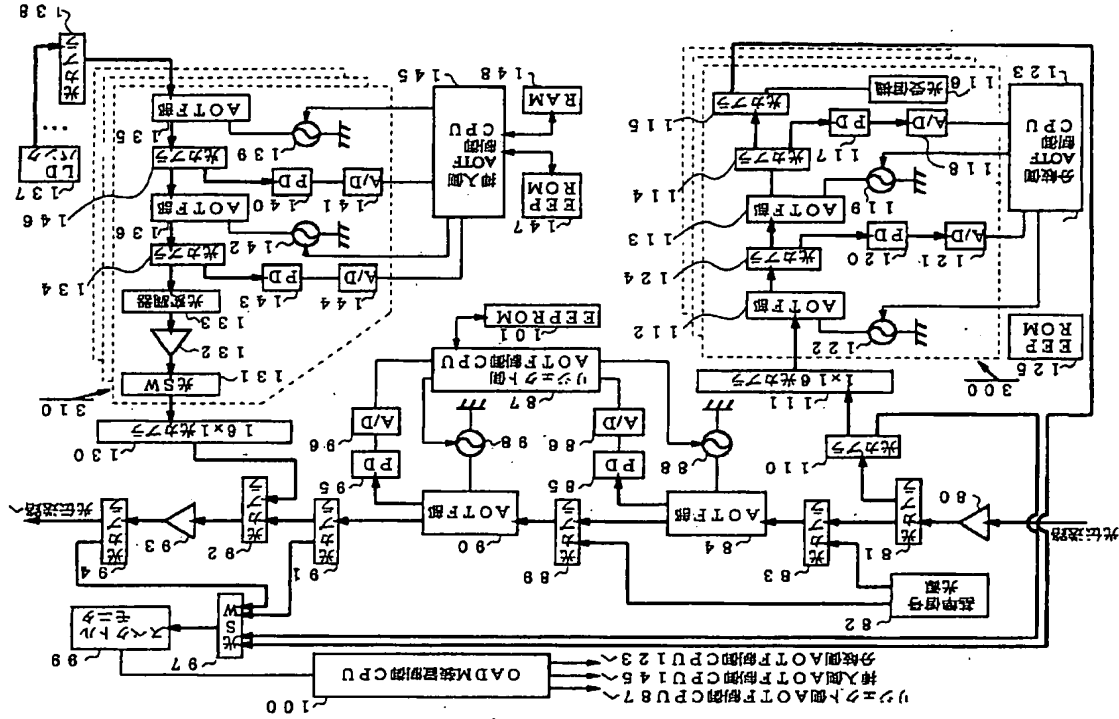
【図18】

図18は、10に示す構成要素の接続関係を示すブロック図である。



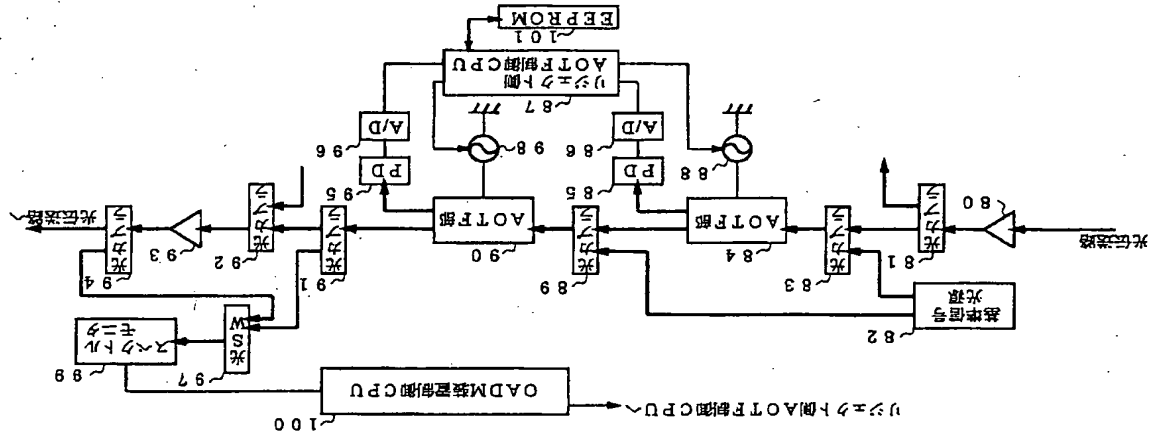
【図12】

図12は、10に示す構成要素の接続関係を示すブロック図である。



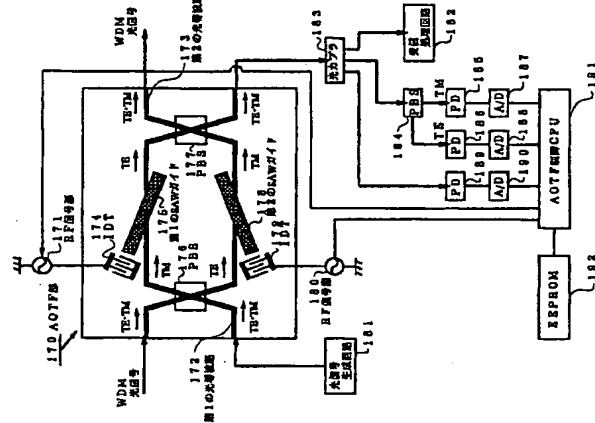
【図13】

第1の実施形態におけるOADM装置に関し  
リジエクト部分の構成



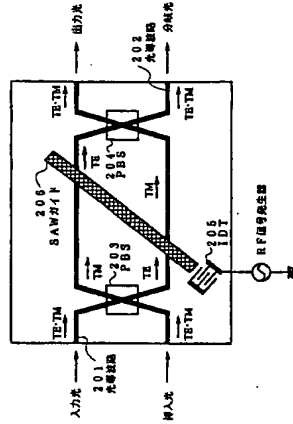
【図19】

第3の実施形態におけるOADM装置の構成



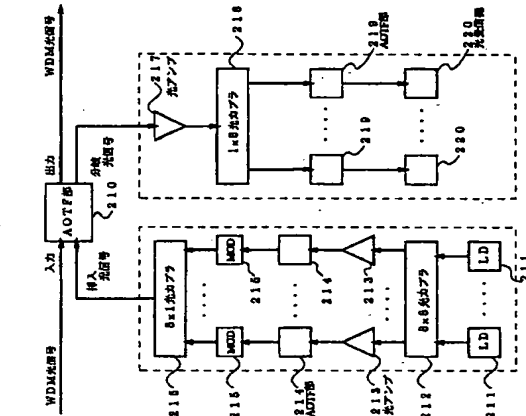
【図20】

従来のAOTFの構成



【図21】

AOTFを用いたOADM装置の第1の実施形態



フロントページの続き

(72)発明者 齋藤 芳広

神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9  
号 富士通デジタル・テクノロジー株式会  
社内

(72)発明者 久保寺 和昌

神奈川県横浜市港北区新横浜2丁目3番9  
号 富士通デジタル・テクノロジー株式会  
社内

Fターム(参考) 2H079 A04 A12 BA02 CA07 EA05

EE23 FA03 FA04 HA07 KA06

5K002 BA02 BA04 BA05 CA05 CA13

DA02 EA05 FA01